CAPTURA DE ENERGÍA SOLAR POR LA SUPERFICIES VIDRIADAS, en Barioche, Patagonia Argentina (desde una investigación en la escuela técnica CCT Nº1).

Rodríguez, Norberto Javier, paisajespatagonicos12@gmail.com
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, FADU-UBA
Rocío, de Azque y Nahuel Skalco
Estudiantes del 4º año en el CCT Nº1-Bariloche, Río Negro

Resumen

El crecimiento urbano en ciudades patagónicas es importante en las últimas décadas (Rodríguez, 2015), Bariloche en particular ha pasado a ser la más poblada en Río Negro, según el censo de 2010. Dicha evolución a nivel urbano no fue proporcional a la distribución de infraestructura necesaria, lo que ha llevado al pedido de declarar una emergencia en tal sentido (ODCB, 2019). En línea con dicha situación se ha aprobado una ordenanza sobre eficiencia energética en edificios (Ord. 3098-CM-19), que regula el nivel de aislación en las envolventes edilicias en la ciudad. En el mismo sentido, sería bueno poder considerar un criterio para obtener un cierto nivel de ganancia solar desde los aventanamientos. En base a lo descripto previamente, y siguiendo una línea de enseñanza en la escuela técnica CCT Nº1 en Bariloche, desde la materia de Instalaciones de Calefacción y Trabajos Prácticos de la especialidad en construcciones, se planteó una investigación para realizar por los estudiantes del 4º año. Se exponen aquí dos de los resultados en dichos estudios, en base a una proporción de horas de sol mensual, y según un nivel de ganancia energética obtenida por metro cuadrado de vidrio, para un proyecto de vivienda generado por cada estudiante, alcanzando un promedio de ganancia en kilocalorías por hora. Se llega a una comparación de dicha ganancia según sea otoño, invierno o primavera y alcanzando una relación de ganancia por m2 o m3 edificado.

Palabras clave

Energía solar pasiva, Eficiencia energética, Construcción sustentable, Bariloche, Patagonia.

Abstract

Urban growth in Patagonian cities has been important in recent decades (Rodríguez, 2015), Bariloche in particular has become the most populated in Río Negro, according to the 2010 census. This evolution at the urban level was not proportional to the distribution of necessary infrastructure, which has led to the request to declare an emergency in this regard (ODCB, 2019). In line with this situation, an ordinance on energy efficiency in buildings (Ord. 3098-CM-19) has been approved, which regulates the level of insulation in building envelopes in the city. In the same sense, it would be good to be able to consider a criterion to obtain a certain level of solar gain from the winnowings. Based on the previously described, and following a line of teaching in the technical school CCT No1 in Bariloche, from the subject of Heating Installations and Practical Works of the specialty in constructions, an investigation was proposed to be carried out by the students of the 4th year. Two of the results in these studies are presented here, based on a proportion of hours of monthly sunshine, and according to a level of energy gain obtained per square meter of glass, for a generating housing project for each student, reaching an average of gain in kilocalories per

hour. A comparison of said gain is reached depending on whether it is autumn, winter or spring and reaching a gain ratio per m2 or m3 built.

Keywords

Passive solar energy, Energy efficiency, Sustainable construction, Bariloche, Patagonia.

1- Introducción

La demanda mundial de energía en edificios ha aumentado por distintos motivos, En tal sentido, muchos países han tendido a generar normativas para reducir dicho consumo. En la Unión Europea se cuenta con la directiva EPBD 2002/91/EC y 2010/31/UE, sobre ahorro energético en edificios, que fue luego derivando en decretos reales para el caso de España RD 56/2016, entre otros países que se fueron sumando. Por lo que se ha tendido a edificios cada vez más sustentables con base en la construcción por energía solar pasiva (Mazría, 1983), y se han realizado estudios más específicos sobre los efectos del vidrio en relación a la climatización interior de las obras (Ávila Delgado et al., 2019). Hay muchos estudios y normativas en relación a la aislación en edificios (ver IRAM 11.601 a 11.605, y Ord. 3098-CM-19 de Bariloche, entre otros), con el fin de reducir la pérdida de energía en función al nivel de climatización necesario, de forma que permita un nivel mínimo de confort en el interior de los ambientes habitados. Incluso hay estudios que revelan la importancia que tiene la orientación de las aberturas edilicias al norte principalmente, o un nivel de ganancia de energía solar, o al este y oeste, y según la latitud en que se ubique la construcción. Pero mucho de esto puede ser más o menos importante para la comunidad y los habitantes que habitan dichas edificaciones, inicialmente depende de las diferencias de temperaturas que se perciben externamente, y su relación con el nivel de confort deseado en el interior de la construcción. En tal sentido, las zonas más frías de Argentina se ubican en la región sur del país, y para las ciudades sobre la cordillera patagónica -donde se ubica Bariloche- la climatización de los edificios resulta ser una problemática destacada a considerar en el diseño de los mismos, y por ello es importante analizar su relación con los aventanamientos. La consideración de una orientación para las ventanas de un edificio no tiene efectos en el costo (porque cuesta lo mismo ponerla al sur que al norte), así que para el presente trabajo solo estaremos pensando en una proporción y orientación adecuada de los paños vidriados, de forma de obtener la mayor ganancia posible de energía del sol. Además, para definir esta relación, sería ideal primero entender cuanta energía se gana en promedio, en la relación entre la superficie vidriada y la superficie o el volumen edificado.

Las preguntas que se plantearon, en acuerdo con los estudiantes serían las siguientes: ¿Cuánto se ahorra de calefacción al considerar la ganancia solar por el aventanamiento? ¿Cuánta es la relación entre la ganancia con una ventana al norte y otra al este u oeste por m2?

El ámbito geográfico de Bariloche en la Patagonia, linda con la costa sur del lago Nahuel Huapi en la provincia de Río Negro, a pocos kilómetros del límite con Chile y sobre la latitud 41° LS. Ciudad que cuenta con un ejido municipal que supera las 27.000ha., con casi 115 mil habitantes para 2010, con condiciones climáticas que muestran temperaturas promedio que rondan los -10°C y +23°C, con vientos en promedio de 10 a 13km/h, pero frecuentemente superan los 20km/h.

2- Objetivos

Investigar el nivel de ganancia solar que se puede obtener para los aventanamientos al norte, este y oeste, de un proyecto de vivienda unifamiliar diseñada por energía solar pasiva, ubicada en Bariloche (Provincia de Río Negro, Argentina), con la intención de analizar una relación de energía promedio ganada por m2 o m3 edificado.

3- Metodología

Para obtener un valor del nivel de ganancia solar en una superficie vidriada, a partir de un proyecto de vivienda en Bariloche, se ha tomado dos casos realizados por estudiantes del último año de la carrera de Técnico Constructor. Se investiga la cantidad de horas de sol promedio, su intensidad aproximada, y otros datos desde la información que está al alcance de los estudiantes en la red de Internet. Se calcula los metros cuadrados de aventanamiento al norte, este y oeste, no considerando los que puedan haberse propuesto al sur, por no recibir directamente los efectos de los rayos solares. La intensidad de energía brindada por efecto del sol sobre un metro cuadrado se ha considerado en base a la información brindada por un investigador del Centro Atómico (Jakas *et al.*, 1981). Las estaciones consideradas son las que más energía en calefacción se requieren, invierno, otoño y primavera.

4- Desarrollo

Se toma como base dos proyectos de estudiantes que cursan el último año de la carrera de Técnico constructor en el CCT Nº 1 de Bariloche. Los mismos han tenido como objetivo considerar un diseño para una vivienda con dos dormitorios, sobre la base de la energía solar pasiva. Se ha previsto un mayor número de aventanamientos al norte y en menor medida al este u oeste, reduciendo al máximo aquellos al sur. Si bien se consideraron las condiciones de aislación en la envolvente de la construcción, lo que se intenta aquí es evaluar el nivel de ganancia solar en las superficies vidriadas.

Para el desarrollo de la investigación, en adelante denominaremos Tipo A con una superficie edificada de 84m2 y un volumen de 240m3, que es el proyecto de Nahuel Skalco (ver imagen Nº 1), y Tipo B con una superficie edificada de 109,47m2 y un volumen de 266,49m3, que es el de Rocío de Azque (imagen Nº 2).

Se ha dejado de lado el emplazamiento en un predio determinado o la posibilidad de sombras por vegetación o edificación que se proyecten sobre los proyectos analizados. El análisis estará basado en las horas sol promedio y el período del año que se considere. Se consideró inicialmente tomar los ábacos con el recorrido del sol, como los expuestos en la página web: www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es, para identificar las horas de sol según el período del año y la inclinación del mismo. Si bien estos ábacos también se los tenía en papel por diversos estudios previos que se facilitaron a los estudiantes previamente, el uso de un sistema digital facilitó dicho proceso en período escolar con COVID.

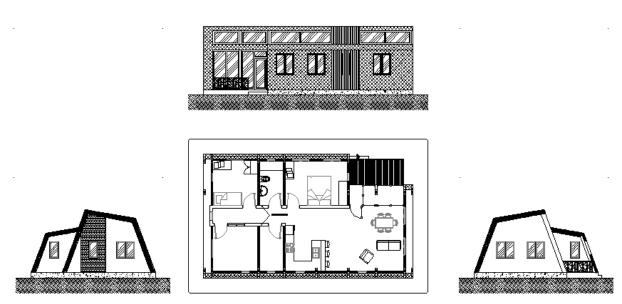
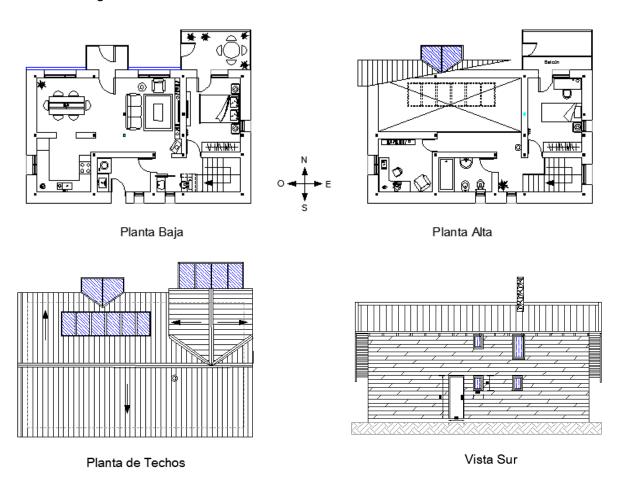
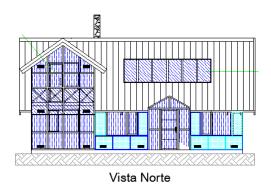


Imagen Nº 1 – Proyecto **Tipo A**, Planta y vistas del proyecto – sin escala norte hacia arriba. Planta en el centro, vista norte arriba, a la izquierda vista oeste y a la derecha vista este. Fuente: Entrega de Nahuel Skalco en Instalaciones de Calefacción.





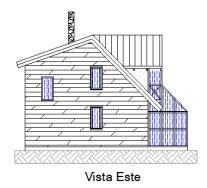


Imagen N° 2 – Proyecto **Tipo B**, Plantas y vistas del proyecto – sin escala Fuente: Engrega de Rocío de Azque.

El gráfico cartesiano obtenido para la calle Primera Junta al 1100 de Bariloche, muestra los grados en latitud y longitud. Además de las horas sol y sus ángulos según época del año, expuesto en la imagen Nº 3.



Imagen Nº 3 – Ábaco sobre los 41º en un predio de la zona centro de Bariloche Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Sobre un gráfico polar que define el recorrido del sol superpuesto a una imagen satelital tipo Google Earth (imagen N° 4). Resultando además en una planilla y barra de horas de sol que se muestran en la imagen N° 5.

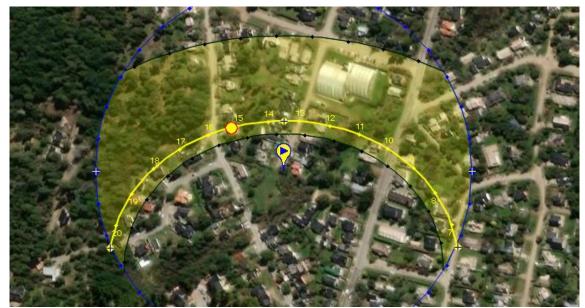


Imagen N° 3 – Ábaco sobre los 41° en un predio de la zona centro de Bariloche Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

1 2 3 4 5	6 7 8	9 10	11 12 1	13 14 15	16	17 18	19	20	21	22 23
sol" posición 🛈	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes						
09/11/2020 15:12 GMT-3	57.39°	309.74°	41.1423617° S	71.3212359° W						
crepúsculo 🛈	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol						
crepúsculo -0.833°	06:22:12	20:36:50	113.7°	246.08°						
crepúsculo civil -6°	05:51:36	21:07:30	118.88°	240.87°						
Náutica" crepúsculo -12°	05:13:56	21:45:21	125.68°	234.02°						
El crepúsculo astronómico -18°	04:32:31	22:27:03	133.84°	225.79°						
la luz del día 🌀	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía						
09/11/2020	14:14:38	00:02:14	-00:02:18	13:29:31						

Imagen Nº 4 – Planilla y gráfico con datos obtenidos para dicha ubicación. Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Luego de esta primera aproximación, se han observado otros sitios web (como el de www.bariloche.org/clima-historico-en-bariloche/) donde se obtuvo para la segunda quincena de junio un tiempo soleado que ronda el 18% del período con sol, que es parcialmente soleado el 55% y es nublado el resto. En el sitio www.es.weatherspark.com/y/25786/Clima-promedio-en-San-Carlos-de-Barilche-Argentina-durante-todo-el-año. El gráfico que resume el clima en la ciudad es el que figura en la imagen Nº 5. La línea negra vertical marca el inicio del período en otoño analizado, el rectángulo a la izquierda es un área que representa la altura total de la relación soleado o nublado, y a la izquierda se ven tres rectángulos casi iguales que representan una división en casi tercios iguales para nublado, soleado e intermedio o con muy baja nubosidad, tomando -sobre todo- el período invernal o de menor intensidad de sol.

Al tomar las categorías comparadas de períodos soleados o despejados y aquellos de mayor o menor nubosidad se obtiene el gráfico de la imagen Nº 6. Tomando períodos de tres meses desde fines de marzo a fines de diciembre. Los rectángulos verticales rojos son

a la izquierda otoño y a la derecha primavera, dejando al medio en negro el que representa al invierno. Las líneas negras horizontales en dicha imagen muestran el promedio por cada temporada, lo cual se resumió finalmente en un cuadro (Tabla Nº 1). En promedio entre los 9 meses analizados la mitad se puede decir que cuenta con pleno sol, y la otra mitad (nublado) alcanza un promedio de oferta energética menor a un tercio, puede tomarse entonces una eficiencia muy baja que podría alcanzar un 15% (50+15=65%), alcanzando un total de 65% de eficiencia energética sumando períodos de sol y nublados, ya que incluso los días más nublados aportan una energía adicional.

Por otro lado, la segunda parte de la Tabla Nº 1, toma solo los días soleados a fines de los cálculos realizados en este trabajo se asumirán los valores resaltados en negritas, asumiendo que esto nos coloca del lado de la seguridad y sin exagerar los valores finales, aunque se deja constancia que es posible en realidad obtener más energía de la considerada para el análisis de los dos viviendas evaluadas aquí, en la columna del factor soleado que se ofrece diariamente, descartando una proporción que podría ofrecer de ganancia los momentos nublados o reducidos de asoleamiento.

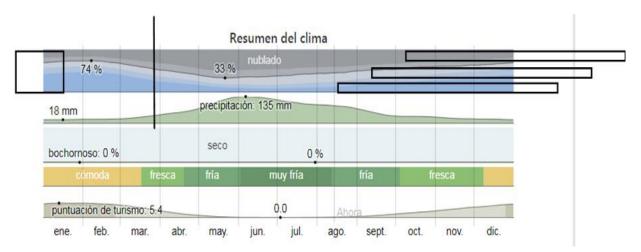


Imagen № 5 – Resumen del clima Fuente: www.es.weatherspark.com

Tabla Nº 1

	Otoño	Invierno	Primavera
Nublado=	60%	55%	40%
Soleado=	40%	45%	60%

Del último (soleado) se revisa que proporción es pleno sol o no.

Soleado= 40% 45% 60% No se consideran aunque brindan energía
Pleno= 26% 29,25% 39% Hs consideradas de sol pleno por estación
Reducido= 14% 15.75% 21%

Fuente: Ibídem, por extracción de la imagen anterior de los autores al comparar las tres estaciones más frías en Bariloche.

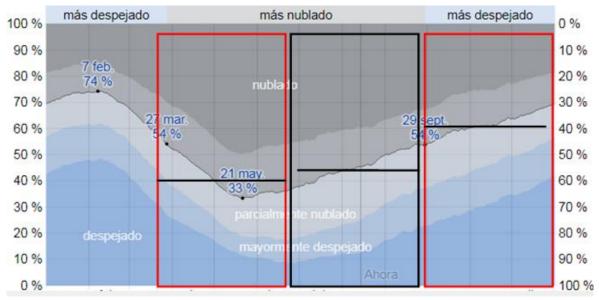
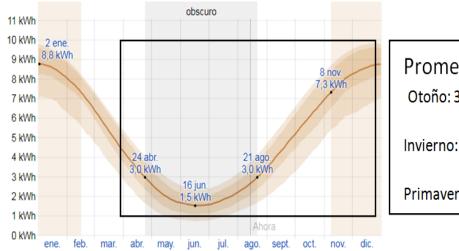


Imagen № 6 – Categorías de nubosidad para Bariloche.

Fuente: ibídem.

Para considerar luego la intensidad de la energía solar sobre la superficie vidriada se toma en cuenta la imagen Nº 7, con la evolución de la energía de onda corta diaria en promedio y por metro cuadrado, que llega a la tierra en kw/h (considerando que 1kw/h=859,85kcal/h). Esto significaría que en el peor momento de ganancia solar se llegaría a ofrecer unas 1290kcal/h en un ángulo recto entre incidencia solar y superficie vidriada. Las bandas sombreadas a ambos lados de la línea naranja son pequeños cambios de intensidad según el ángulo del sol. Pero la intensidad del sol que llega a la tierra se reduce por distintos efectos de reflexión, sobre todo al chocar con la superficie vidriada, y según el ángulo que tenga la ventana en relación a dicha inclinación del rayo solar.

Los efectos de la energía sobre una superficie en Bariloche, se muestran en otro estudio realizado hace muchos años por Jakas *et al.* (1981) como se expone en la tabla Nº 2, estos ofrecen resultados con menor intensidad que los vistos en la imagen Nº 7, es decir son más conservadores. Si bien los estudios de Jakas son de hace varias décadas se considera que no hay diferencias importantes en las condiciones de asoleamiento hasta la actualidad, y son de gran ayuda para una aproximación de la ganancia solar analizada en Bariloche. La tabla Nº 2 es la tomada para el presente ejercicio, y muestra por ejemplo para invierno -Julio- con orientación norte (se toma 0º del norte geográfico) y una ventana vertical es decir a 90º de la horizontal, que se alcanzan 1500kcal/m² (ver ovalo rojo en la tabla) para todas las horas soleadas en promedio y en dicho período. En ese caso, al tomar una cantidad de energía recibida durante las 4hs de sol diarias para ese período (1500/4) se alcanzan 375kcal/hm². En igual forma se procederá y volcará dichos cálculos en planillas que consideran la superficie total vidriada por ambiente, y según su orientación e inclinación, las planillas para cada vivienda tomando promedios por estación del año se expondrán más adelante.



Promedio

Otoño: 3,1kw/h

Invierno: 3,1kw/h

Primavera: 5+8/2=6,5kw/h

Imagen Nº 7 – Energía solar promedio diario cada m2 para Bariloche.

Fuente: Ibídem.

En esta tabla Nº 2 se indica con rectángulos verde, para la orientación norte o sea 0°, y el negro para las orientaciones este y oeste para las que se toma los 60° en la columna de orientación en la tabla. Se toman en cada caso una inclinación de la ventana estándar de 90º respecto a la horizontal indicado con un rectángulo azul, que abarca tres columnas correspondientes a los meses del año analizados para el caso de vivienda tipo B, pero será a 60º respecto a la horizontal para la ventana en la casa tipo A, representado con rectángulos color rojo. Cabe aclarar que si bien las estaciones cambian los 21 del mes respectivo (Ej. 21 de marzo para inicio de otoño) se considera el primer día del mes siguiente para este trabajo, ya que la tabla refleja los valores para todo el mes del primer al último día de dicho período calendario. Por tanto, para otoño se toma todo abril, mayo y junio; para invierno todo julio, agosto y setiembre; y para primavera todo octubre, noviembre y diciembre.

Como consecuencia de los valores considerados en la tabla para el caso tipo B (rectángulo azul) con ventanas verticales, para otoño se tomará en promedio (2400+1800+2000=6200/3) 2067kcal/m2 al este y oeste, pero es (2900+2500+3000= 8400/3) 2800kcal/m2 al norte. En invierno sería de (1800+1800+2800=6400/3) 2133kcal/m2 al este y oeste, pero de (2600+2300+3100=8000/3) 2667kcal/m2 al norte. Para primavera (2800+2600+2500=7900/3) 2633kcal/m2 al (3200+3600+3800=10600/3) 3533kcal/m2 al este y oeste. Los tres resultados se deberán repartir por las horas de sol consideradas por día y su reducción por nubosidad. Este tipo de vivienda cuenta con ventanas en el techo que se toman a 45º por tanto es un promedio entre 30 y 60° (rectángulo marrón indicado) todas ubicadas en orientación norte. En este caso para un promedio de otoño se toman 6 cifras que resultan en (18100/6) 3017kcal/m2, para invierno (18500/6) 3083kcal/m2 y en primavera (29400/6) 4900kcal/m2. Ver tabla Nº 3.

Tabla Nº 2 – Energía solar según su orientación, inclinación y período del año en Bariloche.

ORIENT	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	YAM	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0 NORTE	0 30 60 90	6800 6400 4900 2700	5300 5400 4500 2900	4600 5400 5000 3600	2600 3400 3500 2900	1700 2500 2800 2500	1600 2700 3200 3000	1500 2400 2800 2600	1900 2500 2700 2300	3400 4100 4000 3100	4600 4800 4200 2800	5800 5600 4400 2600	6500 5900 4500 2500
30	0 30 60 90	6800 6500 5200 3300	5300 5500 4700 3300	4600 5300 5000 3800	2600 3300 3300 2700	1700 2300 2500 2200	1600 2500 2900 2700	1500 2300 2600 2300	1900 2400 2500 2100	3400 4000 3900 3000	4600 4800 4300 3000	5800 5600 4600 3000	6500 6000 4800 3000
ESTE Y OESTE	0 30 60 90	6800 6600 5700 4100	5300 5400 4800 3600	4600 5000 4700 3700	2600 3000 2900 2400	1700 2000 2100 1800	1600 2100 2300 2000	1500 2000 2000 1800	1900 2200 2200 1800	3400 3800 3600 2800	4600 4700 4200 3200	5800 5700 4900 3600	6500 6200 5200 3800
90	0 30 60 90	6800 6500 5700 4400	5300 5100 4500 3500	4600 4500 4100 3300	2600 2600 2400 1900	1700 1700 1500 1300	1600 1600 1500 1300	1500 1500 1500 1200	1900 1900 1700 1400	3400 3300 3000 2400	4600 4400 3900 3100	5800 5500 4800 3700	6500 6100 5300 4100

Fuente: Jakas et al. (1981) en la Nota Técnica CNEA Nº 17.

En el caso de los valores para la vivienda tipo A (rectángulo rojo), sus aventanamientos orientados al norte cuentan con muros inclinados a cerca de 60º respecto a la horizontal, por tanto los valores para invierno sería de (2800+2700+4000=9500/3) 3167kcal/m2 al norte. Para el caso del otoño al norte son (3500+2800+3200=9500/3) 3167kcal/m2. En la primavera al norte daría (4200+4400+4500=13100/3) 4367kcal/m2. El resto de los aventanamientos se pueden tomar los mismos valores que en el tipo B, ya que los muros son verticales al este y oeste. En este caso también, los resultados antes expuestos se deberán repartir por las horas de sol consideradas por día y su reducción por nubosidad, lo cual se observará más adelante en las tablas Nº 5 a 10, para el tipo A y B según corresponda y detalladas para cada estación del año.

Para considerar las horas de sol que incidirán según la época del año se ha observado el sitio web www.weather-arg.com/es/argentina/san-carlos-de-bariloche-clima, donde se ha obtenido el gráfico de la imagen Nº 8. Los recuadros negros permiten mostrar las horas promedio que se tomarán para otoño, invierno y primavera de izquierda a derecha. Reflejando en forma similar al gráfico anterior una casi coincidencia entre otoño e invierno, que permitirían considerar al menos 4,7hs promedio diarios en el primero y 5hs en el segundo. Para primavera se llega a más de 9,67hs totales diarias en promedio. Pero en ambos casos luego se han subdividido por las horas se toman con sol a "pleno", valorando la mayor o menor nubosidad, dejando de lado las horas con mayor reducción en su efecto energético, como ya se viera en la tabla Nº 1. Vale destacar que durante las horas de nubosidad, también se recibe energía por reflexión o rebote de la luz solar en menor medida, pero se han dejado de lado para estar del lado de la seguridad en el cálculo de la ganancia de energía solar.

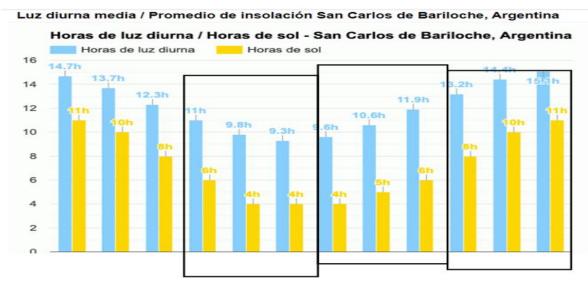


Imagen Nº 8 – Gráfico de barras con horas de luz diaria y de sol pleno para Bariloche. Fuente: www.weather-arg.com/es/argentina/san-carlos-de-bariloche-clima.

En la vivienda tipo A y B los valores de energía por superficie de ventana se expresan en las tablas Nº 3 y 4 respectivamente.

	Energía por día según horas de sol		Horas de sol	kcañ/h x m2	
INVIERNO	2133	Kcal/m2	5	426,60	este y oeste
	3167		5	633,40	norte 60º
отойо	2067	Kcal/m2	4,7	439,79	este y oeste
	3167		4,7	673,83	norte 60º
PRIMAVERA	3533	Kcal/m2	9,67	365,36	este y oeste
	4367		9,67	451,60	norte 60º

Tabla N° 3 – Energía obtenida por metro cuadrado y por hora para la vivienda tipo A. Fuente: Valores obtenidos según tabla N° 2 de Jakas *et al.* (1981) y horas por día según imagen N° 8.

	Energía por día según horas de sol		Horas de sol	kcal/h x m2	
					este y
INVIERNO	2133	Kcal/m2	5	426,60	oeste
	2667		5	533,40	norte
					este y
отойо	2067	Kcal/m2	4,7	439,79	oeste
	2800		4,7	595,74	norte
					este y
PRIMAVERA	3533	Kcal/m2	9,67	365,36	oeste
	2633		9,67	272,29	norte
Ventana en te	echo al norte				
INVIERNO	3083	kcal/m2	5	616,6	
OTOÑO	3017	kcal/m2	4,7	641,91	
PRIMAVERA	4900	kcal/m2	9,67	506,72	

Tabla N^0 4 – Energía obtenida por metro cuadrado y por hora para la vivienda tipo B. Fuente: Valores obtenidos según tabla N^0 2 de Jakas *et al.* (1981) y horas por día según la fuente de la imagen N^0 8.

A continuación se muestran los resultados para el caso de la vivienda tipo A con la ganancia solar respecto a los aventanamientos según su orientación, la misma no tiene ventanas en el techo. Si bien las superficies vidriadas al norte son mayores que a otras orientaciones y no se consideran aquellas al sur también pequeñas, la comparación con la vivienda tipo B mostrará una diferencia relacionada con la cantidad de vidrio al norte, el cual es mayor en el tipo B (ver Tablas 5 a 7).

AVENTANAMIENTO EN INVIERNO	SUP.M2	kcal/h	Horas SOLINV. Prom.	INVIERNO en días	Factor días soleados INV	TOT. Kcal en	Hs día/ estación	Rend. PROMED kcal/h diario		
Ventanas al norte x m2	18,00	633,40	4,00	90,00	0,29	1.190.285,28	360,00	3.306,35		
Ventanas al este x m2	3,00	426,60	0,50	90,00	0,29	16.701,39	45,00	371,14		
									Gananc	ia por
Ventanas al oeste x m2	2,50	426,60	0,50	90,00	0,29	13.917,83	45,00	309,29	superfici	e y por
Ventanas en techos									volumen	kcal/h):
									Por m ²	Por m ³
						1.220.904		3.986,78	47,46	16,61

Tabla N° 5 – Energía obtenida por m2 vidriado en invierno para la vivienda tipo A. Considerando superficie edificada de 84m2 y un volumen de 240m3. Fuente: propia de los autores.

			Horas SOL		Factor días			Rend. PROMED		
AVENTANAMIENTO- OTOÑO	SUP.M2	kcal/h	Otoño Prom.	Otoño en días	soleados INV	TOT. Kcal en Otoño	Hs día/ estación	kcal/h diario		
Ventanas al norte x m2	18,00	673,83	4,00	90,00	0,26	1.135.268,43	360,00	3.153,52		
Ventanas al este x m2	3,00	439,79	0,35	90,00	0,26	10.805,57	31,50	343,03		
									Gananc	ia nor
Ventanas al oeste x m2	2,50	439,79	0,35	90,00	0,26	9.004,64	31,50	285,86	superfici	•
									volumen (
Ventanas en techos									Por m ²	Por m ³
						1.155.079		3.782,42	45.03	15,76

Tabla № 6- Energía obtenida por m2 vidriado en otoño para la vivienda tipo A. Considerando superficie edificada de 84m2 y un volumen de 240m3. Fuente: propia de los autores.

			Horas							
			SOL		Factor días			Rend.		
AVENTANAMIENTO-			Otoño	Otoño en	soleados	TOT. Kcal en	Hs día/	PROMED		
PRIMAVERA	SUP.M2	kcal/h	Prom.	días	INV	Otoño	estación	kcal/h diario		
Ventanas al norte xc/u m2	18,00	451,60	7,27	90,00	0,39	2.074.296,10	654,30	3.170,25		
Ventanas al este x m2	3,00	365,36	1,20	90,00	0,39	46.166,48	108,00	427,47		
									Gananci	a por
Ventanas al oeste x m2	2,50	365,36	1,20	90,00	0,39	38.472,07	108,00	356,22	superfici	e y por
									volumen (kcal/h):
Ventanas en techos									Por m ²	Por m ³
						2.158.935		3.953,94	47,07	16,47

Tabla Nº 7 - Energía obtenida por m2 vidriado en primavera para la vivienda tipo A. Considerando superficie edificada de 84m2 y un volumen de 240m3. Fuente: propia de los autores.

En las tablas Nº 8 a 10 se verán las planillas relacionadas a la vivienda tipo B, que incluye una superficie al norte superior a 30m2 en comparación a los 18m2 de la vivienda tipo A. En este caso se ha solicitado al estudiante generar una diferenciación por ambiente de las superficies, y esto ha permitido por otro lado identificar una comparación entre la ganancia obtenida y los datos ofrecidos de un cálculo de balance térmico para los ambientes. En tal sentido, tomando solo un ambiente –el dormitorio en planta baja- requería una calefacción menor a 600kcal/h sobre una superficie de suelo apenas superior a 10m2, donde la ganancia promedio por hora para el período de invierno y otoño supera las 1000kcal/h y más de 700kcal/h en primavera. Probablemente la diferencia entre una estación y otra se relacione con el ángulo del sol, o la nubosidad, pero lo destacado es que verificamos la existencia de una cobertura total durante dichos períodos en este ambiente. Cabe mencionar que los niveles de aislación en las envolventes han marcado una muy buena calidad en el diseño de muros, techos y pisos, que están por debajo del K= 1kcal/hCºm2 en todos los casos.

En un caso opuesto y uno de los más desfavorables ambientes en el proyecto para la captación de energía, es el estudio u oficina al suroeste, en dicho espacio requería 228kcal/h de calefacción y solo ofrecía la ventana unas 80kcal/h promedio, desde la ganancia solar por su ventana V6. En el caso del living (requería 875kcal/h) sumando al comedor (604kcal/h) el total que requería de calefacción llega a 1480kcal/h, y la energía ganada en dicha área en invierno llega a 470kcal/h en ventana V2, más 620kcal/h en ventanas de techo, y más de 700kcal/h en el hall de acceso vidriado que funciona como vivero o acumulador vinculado a living y comedor, por lo que se gana por energía solar (470+620+700) 1790kcal/h, superando nuevamente los requerimientos de calefacción como en el dormitorio. La energía sobrante en los ambientes al norte cubre las falencias de los pequeños ambientes al sur, o suroeste, más aún si consideramos que para esta evaluación no se han considerado los muros tipo Trombe, diseñados para la vivienda tipo B que habrían aumentado las ganancias de energía solar por acumulación en muros.

AVENTANAMIENTO EN INVIERNO	SUP. M2	kcal/h x m2	Horas SOL INV. Prom.	INVIERNO en días	Factor días soleados INV	TOT. Kcal en INV.	hs día/ estación	Rend. PROMED kcal/h SOL		
Ventanas al norte xc/u m2										
V1-Dormit	6,70	533,40	4,00	90	0,2925	376319,03	360	1.045,33		
V2-Estar-com	3,00	533,40	4,00	90	0,2925	168501,06	360	468,06		
Vivero PB, PA y Acceso	20,81	533,40	4,00	90	0,2925	1168835,69	360	3.246,77		
Subtotal NORTE						1.713.655,78		4.760,15		
Ventanas al este										
V3-Dormit	0,80	426,60	0,50	90	0,2925	4492,10	45	99,82		
V4	0,55	426,60	0,50	90	0,2925	3088,32	45	68,63		
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	426,60	0,50	90	0,2925	42674,93	45	948,33		
Subtotal ESTE						50.255,35		1.116,79		
Ventanas al oeste										
V5-Cocina	0,64	426,60	0,50	90	0,2925	3593,68	45	79,86		
V6	0,64	426,60	0,50	90	0,2925	3593,68	45	79,86		
Subtotal OESTE						7.187,36		159,72		
Ventanas en techos									Ganan	cia por
									superfic	cie y por
									<u>volu</u>	<u>men</u>
V7	7,60	616,60	4,50	90	0,2925	555134,23	900	616,82	<u>(kça</u>	<u>l/h):</u>
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	616,60	4,50	90	0,2925	555134,23	900	616,82		
Subtotal TECHO						1.110.268,46		1.233,63	Por m²	Por m³
TOTAL						2.881.366,94		7.270,29	66,41	27,28

Tabla Nº 8 - Energía obtenida por m2 vidriado en invierno para la vivienda tipo B. Considerando superficie edificada de 109,47m2 y un volumen de 266,49m3. Fuente: propia de los autores.

Si bien los resultados permitirían una amplia gama de comparaciones entre los datos obtenidos, así como posibles dudas o preguntas nuevas que podrían surgir, resulta muy interesante advertir que si relacionamos la ganancia total por superficie de vivienda en el tipo A para invierno (47.6kcal/h) versus la del tipo B (66.4kcal/h) y muestra resultados interesantes para considerar al momento del diseño por energía solar pasiva como parte de un sistema de calefacción. Un resultado similar tenemos al comparar la ganancia por volumen del edificio proyectado, muestra una ganancia por metro cúbico interior en los ambientes de 16,3kcal/h para el tipo A, y llegan a superar las 27kcal/h en igual volumen para el tipo B. Esto último resultó de interés ya que el segundo proyecto cuenta con dobles alturas sobre el living y comedor, por tanto tiene mayores requerimientos de calefacción.

AVENTANAMIENTO- OTOÑO	SUP. M2	kcal/h x m2	Horas SOL Otoño Prom-	Otoño en días	Factor días soleados INV	TOT. Kcal en Otoño	Hs día/ estación	Rend. PROMED kcal/h diario		
Ventanas al norte xc/u m2										
V1-Dormit	6,70	595,74	4,00	90	0,26	373603,40	360	1.037,79		
V2-Estar-com	3,00	595,74	4,00	90	0,26	167285,11	360	464,68		
Vivero PB, PA y Acceso	20,81	595,74	4,00	90	0,26	1160401,02	360	3.223,34		
Subtotal NORTE						1.701.289,53		4.725,80		
Ventanas al este										
V3-Dormit	0,80	439,79	0,35	90	0,26	2881,49	32	91,48		
V4	0,55	439,79	0,35	90	0,26	1981,02	32	62,89		
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	439,79	0,35	90	0,26	27374,12	32	869,02		
Subtotal ESTE						32.236,62		1.023,38		
Ventanas al oeste										
V5-Cocina	0,64	439,79	0,35	90	0,26	2305,19	32	73,18		
V6	0,64	439,79	0,35	90	0,26	2305,19	32	73,18		
Subtotal OESTE						4.610,38		146,36		
Ventanas en techos									Ganan	cia por
V7	7,60	641,91	4,35	90	0,26	496587,93	392	1.268,42		cie y por (kcal/h):
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	641,91	4,35	90	0,26	496587,93	392	1.268,42		
Subtotal TECHO						993.175,86		2.536,85	Por m ²	Por m ³
TOTAL						2.731.312		8.432,40	77,03	31,64

Tabla Nº 9 - Energía obtenida por m2 vidriado en otoño para la vivienda tipo B. Considerando superficie edificada de 109,47m2 y un volumen de 266,49m3. Fuente: propia de los autores.

Si tomamos solo los viveros ubicados en la vivienda tipo B, sobre el frente de los dormitorios y el living en planta baja y alta, suman en invierno (3246+948+616) 4810kcal/h, en otoño (3223+869+1268) 5360kcal/h, y en primavera (2209+1083+1502) 4794kcal/h. Por otro lado, gran parte de esta ganancia tampoco ha sido considerada por ejemplo al analizar la ganancia en el dormitorio, por lo que nuevamente se obtiene un superávit en el ingreso de energía. Es posible que pudiera hacerse un balance o equilibrio entre el diseño de la envolvente y las ganancias por aventanamientos, ya que como mínimo se está obteniendo una ganancia cercana a (4810+5360+4794)/3 a 5000kcal/h en promedio para cada una de las tres estaciones del año analizadas, considerando que son aquellas en que más calefacción se requiere en Bariloche.

Al considerar el total de la demanda para calefacción por ejemplo en la vivienda tipo B se requerían cerca de 3000kcal/h diariamente, y si se compara con la ganancia promedio total por hora esta supera en más de dos veces dichos requerimientos (7270kcal/h en invierno, 8432kcal/h en otoño y 7701kcal/h en primavera) en promedio y durante todo el día. Si bien esto no está distribuido equitativamente en el tiempo ni en los ambientes, se puede observar el grado de ganancia que se obtiene del sol en una vivienda según la cantidad

superficie vidriada, considerando su ángulo y orientación, particularmente para las estaciones del año con un clima más frío.

AVENTANAMIENTO- PRIMAVERA	SUP. M2	kcal/h x m2	Horas SOL Otoño Prom	Otoño en días	Factor días soleados INV	TOT. Kcal en Otoño	Hs día/ estación	Rend. PROMED kcal/h diario		
Ventanas al norte xc/u m2										
V1-Dormit	6,70	272,29	7,27	90	0,39	465522,54	654	711,48		
V2-Estar-com	3,00	272,29	7,27	90	0,39	208442,93	654	318,57		
Vivero PB, PA y Acceso	20,81	272,29	7,27	90	0,39	1445899,12	654	2.209,84		
Subtotal NORTE						2.119.864,59		3.239,90		
Ventanas al este										
V3-Dormit	0,80	365,36	1,20	90	0,39	12311,06	108	113,99		
V4	0,55	365,36	1,20	90	0,39	8463,86	108	78,37		
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	365,36	1,20	90	0,39	116955,09	108	1.082,92		
Subtotal ESTE						137.730,00		1.275,28		
Ventanas al oeste										
V5-Cocina	0,64	365,36	1,20	90	0,39	9848,85	108	91,19		
V6	0,64	365,36	1,20	90	0,39	9848,85	108	91,19		
Subtotal OESTE						19.697,70		182,39		
Ventanas en techos									Ganan	cia por
									superfic	ie y por
									<u>volu</u>	<u>men</u>
V 7	7,60	506,72	8,47	90	0,39	1144916,26	762	1.501,92	<u>(kça</u>	<u>l/h):</u>
Vivero PB, PA y Acceso	7,60	506,72	8,47	90	0,39	1144916,26	762	1.501,92		
Subtotal TECHO						2.289.832,53		3.003,85	Por m ²	Por m ³
TOTAL						4.567.125		7.701,41	70,35	28,90

Tabla Nº 10 - Energía obtenida por m2 vidriado en primavera para la vivienda tipo B. Considerando superficie edificada de 109,47m2 y un volumen de 266,49m3. Fuente: propia de los autores.

Según la tabla Nº 11 se puede observar para el caso de la vivienda tipo A y B, que tomando el total de las ganancias de calor en las ventanas, y dividido por la superficie proyectada de vidrio según su orientación, se puede ver cuanta energía se gana en cada período del año. El resultado revela que tanto en el tipo A como B, el mayor nivel de ganancia es en inverno al norte (156,02 y 183,69kcal/m2 respectivamente), luego en otoño y primavera casi igual en dicha orientación (175,20 y 176,13kcal/m2 para el caso B respectivamente), mientras para el tipo A hay una mayor diferencia que es mayor en Otoño que en primavera (154.89 y 106,19kvsl/m2 respectivamente) quedando este último caso en el peor registrado al norte. Le sigue en el este y oeste con igual resultado la primavera (142,49kcal/m2), luego en invierno (en torno a 124kcal/m2 aproximados en ambos casos) y finalmente en otoño el peor resultado obtenido (114,34kcal/m2). Hay que recordar que la vivienda tipo B tiene paramentos al norte inclinados 60º respecto a la horizontal.

Período del año y orientación	Rendimiento	
de la Ventana	(A a 90º en	Rendimiento
En Otoño	toda orient.)	(B a 60º norte)
Al Norte	154,89	175,20
Al Este	114,34	114,34
Al Oeste	114,34	114,34
En Invierno		
Al Norte	156,02	183,69
Al Este	124,78	123,71
Al Oeste	124,78	123,71
En Primavera		
Al Norte	106,19	176,13
Al Este	142,49	142,49
Al Oeste	142,49	142,49

Tabla Nº 11 – Rendimiento promedio de las ventanas según su orientación por m² para la vivienda tipo B.

5- Conclusiones

La existencia de aventanamientos en los edificios en la actualidad no se está considerando como parte de los cálculos en la demanda de calefacción, y esto se debe a un desprecio por considerar las ganancias obtenidas en forma gratuita, además de totalmente ecológicas y sustentables. En estos casos analizados, en base a un diseño por energía solar pasiva se contempla cuanta energía se obtiene concretamente por cada metro cuadrado de vidrio al norte, al este y al oeste. En este caso se ha dejado de lado las ganancias indirectas que existen por ejemplo desde los efectos de reflexión de la luz en la atmósfera o similares, es decir aquellas que no son directas sobre el vidrio, pero si se sumaran las mismas también se podría contemplar las ganancias en las ventanas al sur. Haber dejado de lado dichas ganancia menores, como ser la energía recibida en días nublados, refleja que los resultados de estos estudios expuestos aquí son al menos conservadores, y que a pesar de que estos niveles pudieran sufrir algún tipo de disminución entre un año y otro, tal como lo aclara los mismos estudios de Jakas et al. (1981). Además, habría que considerar que muchos estudios sobre el calentamiento global advierten que las temperaturas que recibe el planeta han subido año con año, por lo tanto los estudios realizado hace casi 4 décadas vuelven a mostrarse como una opción conservadora, y tal vez sería bueno solicitar que se realicen nuevamente en Bariloche y en muchas de las ciudades más frías, porque siempre se ha considerado la energía solar como solo una forma de producir energía eléctrica y no de calefacción en lugares donde parecería que no es favorable la misma, como es la Patagonia Argentina.

Se revela aquí, una ganancia mayor a la necesaria en forma promedio para los meses de mayor requerimiento en calefacción, dentro de una ciudad ubicada en una zona muy fría, lindante a la cordillera y en la Patagonia. Si bien el diseño de las viviendas contempla un tipo de aislación en sus envolventes muy importante, y que fue acompañado por propuestas en el diseño de aventanamientos con aislación por las noches, en forma de cerramientos externos a las ventanas, y cortinas interiores, esto último no se ha considerado en el balance térmico. Es decir, que si bien en el balance térmico mencionado como comparativo en el presente estudio se toma envolventes de diseño muy bien aisladas, no se ha considerado así los aventanamientos, más que el uso de vidrios dobles

básicamente. Siendo la elección del tipo de envolventes en un edificio parte de un diseño por energía solar pasiva, se podría plantear otros estudios enlazados con el aquí enunciado, relacionados a la capacidad aislante de los distintos sistemas constructivos, en particular para ciudades en zonas muy frías y de montaña, o patagónicas como Bariloche.

Los resultados de la última tabla Nº 11, muestran que es mayor la ganancia en energía para calefacción entre los aventanamientos al norte en relación al este u oeste, para otoño e invierno, alcanzando más del 20% la diferencia a favor (en la vivienda tipo A), aumentando esta diferencia por sobre el 30% en la ganancia de energía si se toman paramentos inclinados a 60º de la horizontal (vivienda tipo B). En primavera se observa una mayor ganancia solar en las orientaciones este y oeste, pero esto se relaciona con la mayor cantidad de horas desde horarios tempranos y hasta muy tarde en horarios vespertinos, en un período de menor demanda de calefacción en las zonas de cordillera patagónica. La importancia que tiene la ganancia de energía solar en otoño e invierno está relacionada con el período más frío del año, por lo cual para lugares como Bariloche es un dato destacado para ahorrar en el consumo de calefacción.

6- Fuentes y Bibliografía

- 1- **Rodríguez**, N. J. (2015). "Efectos del crecimiento urbano en una ciudad turística de montaña, Bariloche, Patagonia Argentina". Tesis de Maestría en PROPUR-UBA. Rev. Investigaciones Turísticas Nº 10, p. 202-230. España. ISSN 2174-5609.
- 2- Observatorio por el Derecho a la Ciudad de Bariloche ODCB (2019). Nota en periódico ADN, del 16 de abril, que titula: "Bariloche: alertan riesgos por infraestructura y servicios" (https://www.adnrionegro.com.ar/2019/04/bariloche-alertan-riesgos-por-infraestructura-y-servicios/).
- 3- **Ord. 3098-CM-19**. Concejales Daniel Natapof, Ana Marks y Ramón Chiocconi. (2019). Eficiencia Energética en Edificios. Según sitio web https://digestobariloche.gov.ar/
- 4- **Mazria**, E. (1983). "El libro de la energía solar pasiva". Ed. G. Gili S.A. México.
- 5- Ávila Delgado, J., Robador González, M., Barrera-Vera, J., & Marrero, M. (2019). La influencia del vidrio en el consumo de calefacción, refrigeración e iluminación en rehabilitación de edificios de oficinas bajo clima mediterráneo peninsular (1971-1980). Revista hábitat sustentable, 9(1), 68-83.
- 6- Jakas, M. M.; Lantscher, G. y Garibotti C. R. (1981). Evaluación de la radiación solar incidente sobre superficies inclinadas para nueve localidades Argentinas. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, de la Comisión Nacional de Energía Atómica, En Nota Técnica CNEA Nº 17. Argentina.